ТРАНЗИСТОРЫ







МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

СПРАВОЧНАЯ СЕРИЯ

Выпуск 638

В. К. ЛАБУТИН

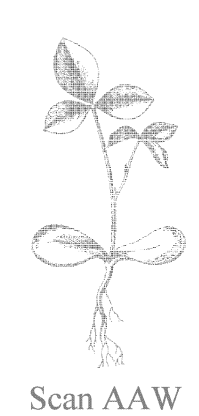
ТРАНЗИСТОРЫ

Издание второе,
переработанное и дополненное



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1967



УДК 621.382.3(032)
Л 12

Брошюра содержит справочные данные по транзисторам отечественного производства. Даны краткие пояснения к приводимым в таблицах параметрам и важнейшие сведения по правилам эксплуатации транзисторов.

Предназначена для радиолюбителей-конструкторов.

3-4-5
392-66

КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАНЗИСТОРОВ

По областям применения или назначению транзисторы разделяются на следующие основные группы: маломощные низкочастотные, маломощные высокочастотные, быстродействующие переключающие, мощные низкочастотные, мощные переключающие и мощные высокочастотные. Такая классификация транзисторов в значительной мере условна, и зачастую один и тот же транзистор может применяться, например, в предварительных и оконечных каскадах усилителя низкой частоты, в переключающих схемах и высокочастотных усилителях или генераторах. Поэтому в последнее время намечается тенденция классифицировать транзисторы с точки зрения возможностей их применения только по двум важнейшим признакам: по мощности и по частотному пределу.

По исходному полупроводниковому материалу выпускаемые в настоящее время транзисторы делятся на германиевые и кремниевые. Транзисторы, изготовленные на основе кремния, допускают работу при температурах до 120—150° С, в то время как у германиевых транзисторов наивысшая рабочая температура не превышает 70—85° С.

Существуют транзисторы двух структур: *p-n-p* и *n-p-n*, отличающихся противоположными полярностями питающих напряжений. Это обстоятельство позволяет упростить построение ряда схем, например построить двухтактный усилитель без фазоинвертора. Транзисторы, обладающие одинаковыми параметрами, но имеющие противоположную структуру, часто называют транзисторами с дополнительной симметрией.

По принципу изготовления различают целый ряд конструктивно-технологических разновидностей транзисторов. Наибольшее распространение получили сплавные и диффузионные транзисторы.

Сплавные транзисторы (рис. 1, *а*) изготавливаются путем вплавления двух капель примесного вещества с противоположных сторон пластинки исходного полупроводника. Таким методом удается получать в основном низкочастотные транзисторы малой и большой мощности.

Диффузионные транзисторы (рис. 1, *б*). Высокочастотные транзисторы, в том числе мощные высокочастотные, изготовляются путем использования явления диффузии (проникновения) одних веществ в другие. В настоящее время существует ряд практических вариантов диффузионной технологии, позволяющих хорошо контролировать введение примесей в пластинку исходного полупроводника и тем самым строго выдерживать необходимую для высокочастотных транзисторов геометрию *p-n* переходов. Наряду с прекрасными высоко-

частотными характеристиками у диффузионных транзисторов, как правило, получается низковольтный эмиттерный *p-n* переход, не допускающий приложения к нему больших обратных напряжений.

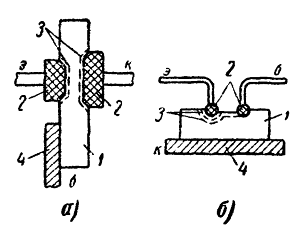


Рис. 1. Устройство сплавного (*а*) и диффузионно-сплавного (*б*) транзисторов.

1 — кристалл; *2* — электроды; *3* — *p-n* переходы; *4* — кристаллодержатель; *э* — эмиттер; *б* — база; *к* — коллектор.

Кроме перечисленных способов классификации транзисторов, иногда пользуются такими определениями, как, например, высоковольтные транзисторы, низкошумящие и т. п., которые отражают характерное различие транзисторов по какому-либо специфическому параметру.

До 1964 г. все типы транзисторов отечественного производства обозначались маркой, состоявшей из трех элементов. Первый элемент — буква П, отмечающая принадлежность марки к плоскостному транзистору. Второй элемент — порядковый номер типа транзистора, присваиваемый в соответствии с классификационной таблицей (табл. 1). Исключение составляли марки П3 и П4, присвоенные мощным низкочастотным транзисторам. Третий (не обязательный) элемент обозначения могла образовывать буква (А, Б, В и т. д.), отличающая разновидности транзисторов одного типа (подтипы).

Таблица 1

Второй элемент старой системы обозначения типов транзисторов

Низкочастотные транзисторы				Высокочастотные транзисторы		
маломощные		мощные		маломощные		мощные
германиевые	кремниевые	германиевые	кремниевые	германиевые	кремниевые	
1—100	101—200	201—300	301—400	401—500	501—600	601...

В связи с введением новых унифицированных оболочек (корпусов) к обозначениям многих типов транзисторов была добавлена впереди буква М, например МП16 (по электрическим характеристикам этот транзистор аналогичен транзистору П16 и отличается только новой конструкцией корпуса).

В настоящее время действует новая система обозначения типов транзисторов, предусматривающая образования марки транзистора из четырех элементов.

Первый элемент — буква или цифра, обозначающая исходный полупроводниковый материал (табл. 2).

Вторым элементом обозначения транзисторов является буква Т. Третий элемент — трехзначное число, причем сотня, в пределах которой выбрано это число, указывает на принадлежность транзистора к той или иной группе по величине мощности и граничной рабочей частоте (табл. 3), а последние две цифры являются порядковым номером данного типа транзистора в этой группе.

В качестве четвертого необязательного элемента обозначения могут применяться буквы (А, Б, В и т. д.), отличающие разновидность транзистора данного типа.

Обозначения по новой системе присваиваются только вновь разрабатываемым транзисторам; старые же транзисторы продолжают выпускаться под прежними марками.

Таблица 2

Первый элемент нового обозначения типа транзистора

Исходный полупроводник	Обозначение	
	цифровое	буквенное
Германий . .	1	Г
Кремний . . .	2	К

В настоящей брошюре приводятся справочные данные по наиболее распространенным типам транзисторов; устаревшие транзисторы,

Таблица 3

Третий элемент нового обозначения типа транзистора

Предельная частота усиления транзистора	Максимальная рассеиваемая мощность[1]		
	$P \leqslant 0{,}3$ *вт*	$0{,}3$ *вт* $< P \leqslant 1{,}5$ *вт*	$P > 1{,}5$ *вт*
$f_т \leqslant 3$ *Мгц*	101—199	401—499	701—799
3 *Мгц* $< f_т \leqslant 30$ *Мгц*	201—299	501—599	801—899
$f_т > 30$ *Мгц*	301—399	601—699	901—999

[1] Для транзисторов с $P \leqslant 0{,}3$ *вт* величина рассеиваемой мощности определяется без дополнительного теплоотвода, а с $P > 0{,}3$ *вт* — при использовании дополнительного теплоотвода.

снятые с производства, в справочник не включены. Следует иметь в виду, что по мере усовершенствования технологии производства и контроля параметров транзисторов классификационные нормы на некоторые типы транзисторов подвергаются тем или иным уточнениям без изменения марок транзисторов. В приводимых ниже таблицах содержатся справочные данные, соответствующие последним техническим условиям по состоянию на начало 1966 г.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТРАНЗИСТОРОВ

Низкочастотные малосигнальные параметры характеризуют электрические свойства транзистора при усилении малых низкочастотных сигналов. Наиболее распространена система смешан-

ных («гибридных») малосигнальных параметров, основанная на замене транзистора эквивалентным четырехполюсником (рис. 2). Эта система параметров состоит из следующих четырех величин:

h_{11} — входное сопротивление при коротком замыкании на выходе;

h_{12} — коэффициент обратной связи по напряжению при холостом ходе на входе;

h_{21} — коэффициент усиления по току при коротком замыкании на выходе;

h_{22} — выходная проводимость при холостом ходе на входе.

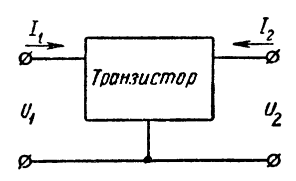


Рис. 2. Представление транзистора в форме эквивалентного четырехполюсника.

Под коротким замыканием здесь понимается очень низкое, а под холостым ходом очень высокое сопротивление данной цепи для токов низкочастотного сигнала. При измерении параметров такие режимы создаются при помощи блокировочных конденсаторов и заграждающих дросселей, причем на электроды транзисторов подаются постоянные напряжения и токи, определяющие рабочую точку. Измеренные значения малосигнальных параметров одного и того же транзистора зависят от выбранной рабочей точки и от схемы включения транзистора. Значения параметров для схемы с общей базой отмечаются дополнительным индексом «б», например $h_{22б}$, а для схемы с общим эмиттером — индексом «э», например $h_{21э}$. Для коэффициентов усиления по току $h_{21б}$ и $h_{21э}$ часто применяются специальные обозначения $\alpha = -h_{21б}$ и $\beta = h_{21э}$.

Значения h-параметров позволяют рассчитывать напряжения и токи усиливаемого сигнала в цепях транзистора при помощи двух уравнений:

$$U_1 = h_{11} I_1 + h_{12} U_2;$$

$$I_2 = h_{21} I_1 + h_{22} U_2,$$

где обозначения токов и напряжений соответствуют символам на рис. 2.

Значения h-параметров при различных схемах включения транзистора связаны между собой следующими соотношениями:

$$h_{11б} = \frac{h_{11э}}{1 + h_{21э}}; \quad h_{11э} = \frac{h_{11б}}{1 + h_{21б}};$$

$$h_{12б} = \frac{h_{11э} h_{22э}}{1 + h_{21э}} - h_{12э}; \quad h_{12э} = \frac{h_{11б} h_{22б}}{1 + h_{21б}} - h_{12б};$$

$$h_{21б} = -\frac{h_{21э}}{1 + h_{21э}}; \quad h_{21э} = -\frac{h_{21б}}{1 + h_{21б}};$$

$$h_{22б} = \frac{h_{22э}}{1 + h_{21э}}; \quad h_{22э} = \frac{h_{22б}}{1 + h_{21б}}.$$

В справочных данных по транзисторам редко приводятся значения параметра h_{11}. При малых токах эмиттера ($I_э = 0{,}2 \div 5$ *ма*) его величина в схеме с общей базой составляет:

$$h_{11б} \approx \frac{30}{I_э\,(ма)},\ ом.$$

Коэффициент шума — число, показывающее, во сколько раз ухудшается отношение сигнал/шум при усилении сигнала данным транзистором. Коэффициент шума выражается в децибелах. Низкие значения его необходимы для транзисторов, применяемых в первых каскадах высокочувствительных усилителей.

Высокочастотные параметры транзистора. Граничная частота коэффициента усиления по току в схеме с общей базой f_α — частота, на которой величина α снижается до 0,7 своего низкочастотного значения. Поскольку у плоскостных транзисторов на низких частотах α близок к единице, для них f_α определяют как частоту, на которой $\alpha = 0{,}7$. Обычно эффективная работа транзистора возможна на частотах ниже f_α.

Емкость коллектора $C_к$ — емкость коллекторного *p-n* перехода при обратном смещении.

Высокочастотное сопротивление базы $r'_б$ — сопротивление обратной связи в схеме с общей базой, измеренное на достаточно высокой частоте.

Величины $r'_б$ и $C_к$ ограничивают усиление транзистора на высоких частотах и во многие расчетные формулы входят в виде произведения $r'_б C_к$. В связи с этим для некоторых транзисторов указывается непосредственно величина произведения $r'_б C_к$, которое имеет размерность времени и часто именуется «постоянной времени обратной связи».

У наиболее высокочастотных транзисторов непосредственное измерение параметра f_α становится затруднительным, и тогда прибегают к измерению максимальной частоты генерирования $f_{макс}$ — наиболее высокой частоты, на которой можно добиться генерации. Это означает также, что частота $f_{макс}$ одновременно характеризует собой частотный предел действия транзистора и в качестве усилителя, ибо генерация возможна до тех пор, пока транзистор усиливает мощность.

Между параметрами f_α и $f_{макс}$ существует определенная связь. Обычно считают, что

$$f_{макс} = \sqrt{\frac{f_\alpha}{30 r'_б C_к}},$$

где $f_{макс}$ получается в тысячах мегагерц, если f_α подставлено в мегагерцах, $r'_б$ — в омах, а $C_к$ — в пикофарадах.

В последнее время для высокочастотных транзисторов начинают указывать вместо f_α или $f_{макс}$ предельную частоту усиления по току в схеме с общим эмиттером $f_т$.

Это частота, на которой коэффициент усиления по току в схеме с общим эммиттером (β) снижается до единицы. Именно по значению этого параметра подразделяются транзисторы на частотные группы в новой классификации (см. табл 3).

В области высоких частот модуль (абсолютное значение) параметра β, обозначаемый $|\beta|$, обратно пропорционален частоте, причем

$$f_т = |\beta| f.$$

Поэтому для определения $f_т$ достаточно измерить $|\beta|$ на некоторой частоте f.

Величина $f_т$ связана со значением f_α того же транзистора простым соотношением

$$f_\alpha = kf_т,$$

где $k \approx 1{,}2$ для сплавных транзисторов, а для транзисторов, изготовляемых диффузионным методом, может достигать 1,6.

Время переключения. Для некоторых типов транзисторов, предназначенных для работы в быстродействующих переключающих схемах, указывается время включения $t_{вкл}$ и время выключения $t_{выкл}$ или время переключения $t_{пер}$ (большая из величин $t_{вкл}$ и $t_{выкл}$). Это время, затрачиваемое транзистором на переход из запертого состояния в насыщенное ($t_{вкл}$) или наоборот ($t_{выкл}$) в режиме переключения. Ввиду сильной зависимости быстродействия транзистора-переключателя от режима и схемы применения приводимые справочные значения $t_{вкл}$ и $t_{выкл}$ (или $t_{пер}$) следует рассматривать лишь как ориентировочные.

Обратные и начальные токи. Обратный ток коллектора $I_{к0}$ — ток, проходящий через коллекторный *p-n* переход при приложении к нему обратного напряжения и отключенном выводе эмиттера ($I_э = 0$).

Обратный ток эмиттера $I_{э0}$ — то же для эмиттерного *p-n* перехода при $I_к = 0$.

Токи $I_{к0}$ и $I_{э0}$ характеризуют качество *p-n* переходов транзистора; знание их необходимо для расчета стабильности рабочей точки транзистора, особенно при повышенных температурах, когда эти токи сильно возрастают (при повышении температуры на каждые 10° С обратные токи увеличиваются примерно вдвое).

Начальный ток коллектора $I_{к.н}$ — постоянный ток в цепи коллектора при обратном напряжении, когда эмиттер соединен с базой накоротко или через оговоренное сопротивление; характеризует возможность устойчивой работы транзистора в некоторых схемах при большом сигнале.

Для транзисторов, рассчитанных на применение в переключающих схемах, иногда указывается ток коллектора запертого транзистора $I_{к.з}$. Это постоянный ток в цепи коллектора при определенном напряжении между коллектором и эмиттером при условии, что эмиттерный переход заперт небольшим обратным напряжением (обычно 1,5 *в*). Величина $I_{к.з}$ может в 2—3 раза превышать обратный ток коллектора $I_{к0}$.

Параметры транзистора в режиме большого сигнала. Средняя крутизна характеристики $S_{ср}$ показывает отношение приращения тока коллектора к вызвавшему его изменению

напряжения на эмиттерном переходе. Указывается главным образом для мощных усилительных транзисторов в форме динамического параметра, измеряемого при определенном нагрузочном сопротивлении в цепи коллектора.

Коэффициент усиления по постоянному току B (для схемы с общим эмиттером) — отношение постоянного тока коллектора к вызвавшему его постоянному току, введенному в цепь базы транзистора.

Остаточное напряжение или напряжение насыщения коллектора $U_{к.нас}$ — небольшое остаточное напряжение на промежутке коллектор — эмиттер в режиме насыщения, когда при данном токе базы величина тока коллектора ограничена нагрузочным сопротивлением и оказывается меньше, чем $BI_б$.

Наряду с параметром $U_{к.нас}$ иногда оговаривают величину сопротивления насыщения коллектора $r_{к.нас}$. Если значение $U_{к.нас}$ измерено при токе коллектора $I_{к.нас}$, то

$$r_{к.нас} = \frac{U_{к.нас}}{I_{к.нас}}.$$

Таким образом, $r_{к.нас}$ является сопротивлением промежутка коллектор — эмиттер для постоянного тока в режиме насыщения.

Параметры B, $U_{к.нас}$ и $r_{к.нас}$ характеризуют поведение транзистора в переключающих схемах.

Предельные (максимальные) эксплуатационные характеристики сообщаются для ограничения реальных режимов применения транзисторов в целях предотвращения их преждевременного выхода из строя. Ограничения накладываются на мощность, рассеиваемую прибором, на обратные напряжения, прикладываемые к коллекторному и эмиттерному переходам, на диапазон рабочих температур окружающей среды или корпуса транзистора и на максимальные значения токов в цепях электродов.

Мощность, рассеиваемая транзистором, в общем случае складывается из мощностей, рассеиваемых каждым p-n переходом:

$$P = P_к + P_э = I_к U_{к.б} + I_э U_{э.б},$$

где напряжения коллектора $U_{к.б}$ и эмиттера $U_{э.б}$ отсчитаны относительно базы.

В усилительном режиме у плоскостных транзисторов $I_к \approx I_э$, таким образом,

$$P \approx I_к (U_{к.б} + U_{э.б}) \approx I_э (U_{к.б} + U_{э.б}),$$

и поскольку обычно $U_{э.б} \ll U_{к.б}$, то часто можно считать:

$$P \approx P_к = I_к U_{к.б}.$$

Эта мощность нагревает транзистор и тем сильнее, чем хуже теплоотвод. В связи с этим при повышении температуры среды или корпуса во избежание внутреннего перегрева транзистора рассеиваемая им мощность должна снижаться. Необходимое снижение мощности рассчитывается по формуле

$$P_{макс} = \frac{T_{п.макс} - T}{R_т},$$

где $R_т$ — так называемое тепловое сопротивление транзистора, характеризующее теплоотвод от *p-n* переходов к корпусу или к окружающей среде;

$T_{п.макс}$ — допустимая (максимальная) температура переходов транзистора;

T — температура корпуса или окружающей среды (в соответствии с условиями определения $R_т$).

Различают максимальный ток в режимах усиления и переключения (в последнем случае он зачастую бывает значительно больше).

Максимальное допустимое напряжение на коллекторе существенно зависит от схемы включения транзистора и от величины сопротивления постоянному току в цепи базы.

Наибольшее обратное напряжение можно прикладывать к коллекторному переходу, если цепь эмиттера отключена или имеет очень большое сопротивление для постоянного тока (единицы — десятки килоом). Допустимое в этом случае напряжение обозначается символом $U_{к.б.макс}$. По мере повышения температуры величина $U_{к.б.макс}$ может понижаться и при наивысшей допустимой температуре *p-n* переходов ($T_{п.макс}$) часто падает вдвое.

Наименьшего значения допустимое напряжение коллектора достигает в случае, когда оно прикладывается относительно эмиттера и цепь базы отключена или обладает высоким сопротивлением для постоянного тока (единицы — десятки килоом). Это напряжение обозначается $U_{к.э.макс}$. Величина $U_{к.э.макс}$ также снижается при повышении температуры.

Если зажимы эмиттер — база замкнуты по постоянному току накоротко или между ними включена цепь с небольшим сопротивлением, то допустимое напряжение между коллектором и эмиттером в общем случае имеет промежуточное между $U_{к.э.макс}$ и $U_{к.б.макс}$ значение.

Для повышения надежности работы как самого транзистора, так и схемы, в которой он применен, особенно при повышенной температуре, всегда целесообразно строить цепь база — эмиттер таким образом, чтобы ее сопротивление для постоянного тока было по возможности небольшим (не более единиц килоом).

УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТРАНЗИСТОРОВ

Выбор типов транзисторов для различных каскадов. В маломощных (предварительных) каскадах усиления низкой частоты практически могут применяться маломощные транзисторы любых типов. Лишь в первом каскаде высокочувствительных усилителей рекомендуется применять транзисторы с малым уровнем шумов. Если усиление первого каскада мало, то низкошумящий транзистор может потребоваться и во втором каскаде. Для снижения собственного шума транзисторов полезно ставить их в облегченный режим (ток эмиттера около 0,3 *ма* и напряжение коллектора 1—2 *в*). При замене одного типа транзистора другим в усилителе низкой частоты целесообразно применять транзистор со значением β не ниже, чем у заменяемого. При недостаточных мерах стабилизации рабочей точки может потребоваться индивидуальный подбор сопротивления резистора в цепи базы для установки необходимого тока коллектора.

Кремниевые транзисторы в своей массе обладают худшими электрическими характеристиками, чем германиевые, а потому их применение оправдано лишь в случае работы при особенно высокой температуре (выше 70° С) или при необходимости иметь особенно малые начальные токи.

Для резонансных усилителей высокой или промежуточной частоты и высокочастотных генераторов целесообразно применять транзисторы, у которых значение f_α, $f_{макс}$ или $f_т$ по крайней мере в 3—5 раз превышает наивысшую рабочую частоту каскада. В высокочастотных каскадах, как правило, полезно работать с возможно более высоким напряжением коллектора, что способствует повышению усиления и стабильности как усиления, так и настройки. Однако чрезмерно высокое напряжение коллектора может привести к росту собственного шума высокочастотного усилителя.

При замене транзисторов в высокочастотных схемах в первую очередь надо обращать внимание на значения параметров f_α ($f_{макс}$, $f_т$), $r'_б$ и $C_к$. Следует иметь в виду, что замена транзистора в налаженной схеме другим, даже превосходящим первый по всем параметрам, может потребовать подстройки усилителя, без чего возможно резкое ухудшение работы каскада и даже самовозбуждение.

В мощных низкочастотных усилителях во избежание сильных нелинейных искажений необходимо применять транзисторы с возможно более слабовыраженной зависимостью коэффициента усиления от тока (при больших токах значения β и B заметно уменьшаются). Взаимозаменяемость транзисторов в таких усилителях возможна в рамках родственных подтипов или за счет применения транзисторов, рассчитанных на бо́льшую мощность, чем заменяемый. При этом следует обращать внимание на значения параметров B или $S_{ср}$. Для двухтактных усилителей целесообразно подбирать пары транзисторов с близкими значениями этих параметров.

В маломощных переключающих (импульсных) схемах при невысоких требованиях к быстродействию могут применяться транзисторы любых типов, удовлетворяющие требованиям схемы к минимальному значению коэффициента усиления по току. В быстродействующих переключающих схемах хорошо работают высокочастотные транзисторы, изготовленные методом диффузии примесей.

В мощных переключающих и регулирующих схемах, в том числе преобразователях постоянного тока, стабилизаторах напряжения, усилителях следящих систем и т. п., находят применение те же типы транзисторов, что и в мощных низкочастотных усилителях, причем довольно часто требование к слабой зависимости B от тока становится не столь существенным.

При любых заменах транзистора одного типа другим необходимо следить за тем, чтобы допустимые режимы вновь выбранного типа транзистора позволяли применить его в данном каскаде.

Простейшие способы проверки транзисторов. Целость и качество *p-n* переходов транзистора можно оценить проверкой прохождения тока через каждый из переходов в прямом направлении (например, с помощью тестера или омметра, причем ток не должен превышать допустимое для данного транзистора значение) и измерением обратного тока с помощью подходящего микроамперметра (при этом обратное напряжение также не должно

превышать допустимое для данного *p-n* перехода значение). Обратный ток должен быть в пределах норм (см. справочные таблицы). При такой проверке надо соблюдать правильную полярность источника тока в соответствии со структурой проверяемого транзистора (рис. 3).

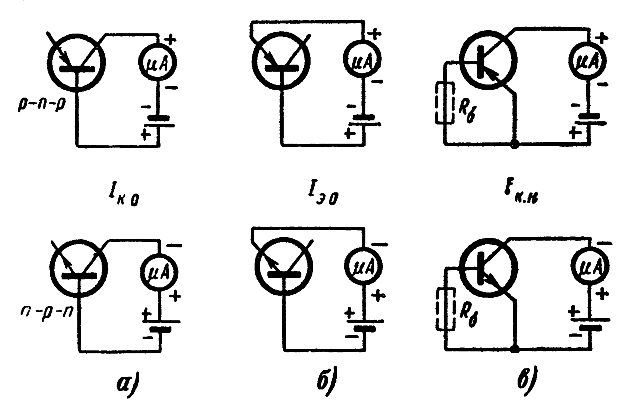


Рис. 3. Схемы измерения обратных токов коллектора (*а*), эмиттера (*б*) и начального тока коллектора (*в*). Верхние схемы — для транзисторов структуры *p-n-p*, нижние — *n-p-n*.

Оценку коэффициента усиления по току в схеме с общим эмиттером проще всего произвести при помощи схемы, приведенной на рис. 4.

Коэффициент усиления по току приближенно рассчитывается по формуле

$$\beta \approx \frac{I_к R}{E},$$

где E — напряжение источника питания (3—5 *в*).

Снять зависимость коэффициента усиления по току от тока коллектора можно путем многократных измерений β при различных значениях R.

Во избежание повреждения транзистора начинать измерение надо с большим сопротивлением R (порядка 200—500 *ком*), постепенно уменьшая его, если ток коллектора оказывается малым.

Важнейшие правила эксплуатации транзисторов. Для предотвращения механических повреждений транзисторов следует осторожно обращаться с их выводами, не подвергать выводы многократным перегибам, избегать острых углов перегиба, производить изгиб выводов лишь на расстоянии не менее нескольких миллиметров от основания транзистора. Хотя транзисторы в целом обладают высокой механической прочностью, все же их следует оберегать от падения с большой высоты. При эксплуатации в условиях вибраций (на транспорте) транзисторы всех типов необходимо прочно крепить за корпус.

Наиболее опасным для транзисторов является воздействие высокой температуры (выше 85—100° С для германиевых и выше 120—150° С для кремниевых). Поэтому необходимы определенные предосторожности при впаивании транзисторов в схему и при работе паяльником вблизи вмонтированных транзисторов. Подпаивать выводы транзисторов надо быстро (в течение 2—3 *сек*) на возможно большем расстоянии от корпуса. Полезно применять низкотемпературные припои и маломощные паяльники.

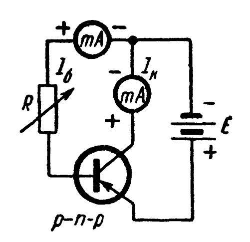


Рис. 4. Простейшая схема измерения коэффициента усиления по току (для транзистора структуры *n-p-n* полярности источника и миллиамперметра обратные).

При невозможности выполнить эти рекомендации во время пайки выводов между припаиваемой точкой и корпусом транзистора надо создавать теплоотвод, например пережимать припаиваемый вывод плоскогубцами, причем отпускать плоскогубцы надо лишь после остывания места пайки.

Не менее опасен перегрев транзистора во время работы, который может произойти в результате расположения транзистора вблизи других нагревающихся элементов (ламп, трансформаторов и т. п.) или за счет собственного тепловыделения. Конструируя аппаратуру с транзисторами, следует продумывать условия общего теплообмена разрабатываемого прибора с внешней средой, предусматривать отверстия для выхода теплого воздуха из корпуса прибора (эти меры особенно нужны с большим суммарным потреблением мощности).

Нормальная работа мощных транзисторов, как правило, требует применения дополнительных теплоотводов. В качестве теплоотвода могут применяться металлические пластины (из красной меди или алюминия), металлические шасси, на которых крепятся транзисторы, или специальные радиаторы, надеваемые на транзисторы. Теплоотвод зависит от общей поверхности радиатора, поэтому для экономии места выгодно делать радиаторы ребристыми. Высокая эффективность всех теплоотводящих элементов достигается только при условии, что между соприкасающимися поверхностями корпуса транзистора и теплоотвода нет воздушных прослоек. Эти части поверхностей часто полируют.

Ввиду того что у большинства транзисторов с корпусом непосредственно соединяется один из электродов, часто приходится вводить электрическую изоляцию корпуса от шасси. Для того чтобы при этом не слишком ухудшать теплоотвод, в качестве изоляционной прокладки используют тончайший листок слюды, которым отделяют радиатор от шасси, а не транзистор от радиатора.

Следует помнить, что у многих типов транзисторов при повышенной температуре снижается не только допустимая мощность, но и допустимые напряжения.

Причиной выхода транзисторов из строя может также быть кратковременная перегрузка импульсом большого напряжения или тока. Прежде всего при монтаже транзисторов и налаживании схем с транзисторами надо проверять изоляцию корпуса паяльника от

его нагревательного элемента. Далее всякие перепайки в монтаже подключения и замены отдельных деталей следует производить при выключенном напряжении питания. Большую опасность представляет отключение вывода базы транзистора при наличии питания, а также подключение эмиттера к цепи с заряженным конденсатором. При необходимости присоединения транзистора к схеме, находящейся под напряжением, в первую очередь надо присоединить базу, затем эмиттер и в последнюю очередь коллектор. Отключение транзистора без снятия напряжения производится в обратной последовательности.

Опасные для сохранности транзисторов импульсы могут возникать в неудачно спроектированных схемах в результате переходных процессов при подаче и снятии питания, а также при различных переключениях в схеме. Для повышения надежности работы аппаратуры с транзисторами после изготовления каждого аппарата или макета очень полезно проверить экспериментально при помощи электронного осциллографа отсутствие опасных перенапряжений и всплесков тока в цепях транзисторов при любых возможных коммутациях органов управления и при включении и выключении питания.

В целях повышения надежности не рекомендуется применять транзисторы в режимах, сочетающих максимальную мощность, напряжение и температуру, а также вводить в цепь базы высокоомные сопротивления.

СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Ниже приводятся справочные таблицы электрических параметров маломощных низкочастотных (табл. 4), маломощных высокочастотных (табл. 5) и мощных низкочастотных (табл. 6) транзисторов. Максимальные значения мощностей, напряжений, токов и температур для всех типов транзисторов сведены в одну общую таблицу (табл. 7), в которой даны также значения теплового сопротивления.

В таблицах применены следующие условные обозначения электрических параметров:

B — коэффициент усиления по постоянному току в схеме с общим эмиттером;
$C_к$ — емкость коллектора;
f_α — граничная частота усиления по току в схеме с общей базой;
$f_{макс}$ — максимальная частота генерации;
$f_т$ — предельная частота усиления по току в схеме с общим эмиттером;
$F_ш$ — коэффициент шума на частоте 1 000 *гц*;
$h_{22б}$ — выходная проводимость в схеме с общей базой;
$I_к$ — ток коллектора;
$I_{к.з}$ — ток коллектора запертого транзистора;
$I_{к.макс}$ — максимальный ток коллектора в режиме усиления;
$I_{к.имп}$ — то же в режиме переключения;
$I_{к.н}(U_к)$ — начальный ток коллектора (при $U_{б.э}=0$) при напряжении $U_к$;

$I_{к0}(U_к)$ — обратный ток коллектора (при $I_э=0$) при напряжении $U_{к.б}$;

$I_э$ — ток эмиттера;

$P_{макс}(T)$ — максимальная мощность, рассеиваемая транзистором без дополнительного теплоотвода при температуре окружающей среды не выше $T°$ С;

$P_{макс}(T_о)$ — то же с дополнительным теплоотводом при температуре оболочки не выше $T_о$°С;

$r'_б$ — сопротивление базы высокочастотное;

$r_{к.нас}$ — сопротивление коллектора при насыщении;

$R_т$ — тепловое сопротивление конструкции транзистора относительно воздуха;

$R_{т.о}$ — то же относительно оболочки транзистора;

$S_{ср}$ — средняя крутизна характеристики усиления;

$t_{пер}$ — время переключения;

$T_{макс}$ — максимальная температура воздуха;

$T_{п.макс}$ — максимальная температура переходов;

$U_{б.э}$ — напряжение база — эмиттер;

$U_{к.б}$ — напряжение коллектор — база;

$U_{к.б.макс}(T)$ — то же максимальное при температуре не выше $T°$ С;

$U_{к.э}$ — напряжение коллектор — эмиттер;

$U_{к.э.макс}(T)$ — максимальное напряжение коллектор — эмиттер при температуре не выше $T°$ С;

$U_{к.нас}$ — остаточное напряжение между коллектором и эмиттером в режиме насыщения;

$U_{э.б.макс}$ — максимальное напряжение эмиттер — база;

β — коэффициент усиления по току в схеме с общим эмиттером.

Сокращенные обозначения классов транзисторов

С — сплавной

ДС — диффузионно-сплавной.

Ge — германиевый.

Si — кремниевый.

p-n-p, *n-p-n* — структуры транзистора.

Конструкция и расположение выводов транзисторов показаны на рис. 5 и 6.

Таблица 4

Электрические параметры маломощных низкочастотных транзисторов

Тип транзистора	Класс	Режим измерения		Электрические параметры[1]									Конструкция (рис. 5)
		$U_{к.б}$, *в*	$I_э$, *ма*	β	$h_{22б}$, *мксим*	$f_α$, *Мгц*	$r'_б$, *ом*	$C_к$, *пф*	$F_ш$, *дб*[2]	$I_{к0}$ ($U_{к.б}$), *мка*	$U_{к.нас}$, *в*	$t_{пер}$, *мксек*	
МП9А	C Ge *n-p-n*	+5	1	15—45	2,5	1	150	60	10	30[3] (15 *в*)	—	—	*В*[4]
МП10				15—30	2,5	1	150	60	—	30[3] (15 *в*)	—	—	
МП10А				15—30	2,5	1	150	60	—	30[3] (30 *в*)	—	—	
МП10Б				25—50	2,5	1	150	60	—	100[3] (30 *в*)	—	—	
МП11				25—55	2,5	2	150	60	—	30[3] (15 *в*)	—	—	
МП11А				45—100	2,5	2	150	60	—	30[3] (15 *в*)	—	—	
П12	C Ge *p-n-p*	—6	1	⩾ 20	2	5	150	20	—	6 (6 *в*)	—	—	*В*
П12А				20—40	2	5	150	20	—	6 (6 *в*)	—	—	
МП13	C Ge *p-n-p*	—5	1	⩾12	2,5	0,5	150	50	—	30[3] (15 *в*)	—	—	*В*[4]
МП13Б				20—60	2,5	1	150	50	12	10[3] (5 *в*)	—	—	
МП14				20—40	2,5	1	150	50	—	30[3] (15 *в*)	—	—	
МП14А				20—40	2,5	1	150	50	—	30[3] (30 *в*)	—	—	
МП14Б				30—60	2,5	1	150	50	—	50[3] (30 *в*)	—	—	
МП15				30—60	2,5	2	150	50	—	30[3] (15 *в*)	—	—	
МП15А				50—100	2,5	2	150	50	—	30[3] (15 *в*)	—	—	
МП16	C Ge *p-n-p*	—5	1	20—35[5]	—	1	—	—	—	25[6] (15 *в*)	0,1	2	*В*[4]
МП16А				30—50[5]	—	1	—	—	—	25[6] (15 *в*)	0,15	1,5	
МП16Б				45—100[5]	—	2	—	—	—	25[6] (15 *в*)	0,2	1	

Продолжение табл. 4

Тип транзистора	Класс	Режим измерения		Электрические параметры[1]									Конструкция (рис. 5)
		$U_{к.\ б}$, *в*	$I_э$, *ма*	β	$h_{22б}$, *мксим*	$f_α$, *Мгц*	$r'_б$, *ом*	$C_к$, *пф*	$F_ш$, *дб*[2]	$I_{к0}$ ($U_{к.\ б}$), *мка*	$U_{к.\ нас}$, *в*	$t_{пер}$, *мксек*	
МП20	C			50—150	—	1	—	—	—	50 (50 *в*)	1 *ом*[7]		
МП21	Ge	—5	5	20—60	—	1	—	—	—	50 (70 *в*)	2 *ом*[7]	—	*В*[4]
МП21А	*p-n-p*			50—150	—	1	—	—	—	50 (70 *в*)	1 *ом*[7]		
МП25		—20	2,5	10—25	3,5	0,2	150	70	—	150 (40 *в*)	—	1,5	
МП25А	C	—20	2,5	20—50	3,5	0,2	150	70	—	150 (40 *в*)	—	1,5	
МП25Б	Ge	—20	2,5	30—80	3,5	0,5	150	70	—	150 (40 *в*)	—	1,5	*В*[4]
МП26	*p-n-p*	—35	1,5	10—25	3,5	0,2	150	50	—	150 (70 *в*)	—	1,5	
МП26А		—35	1,5	20—50	3,5	0,2	150	50	—	150 (70 *в*)	—	1,5	
МП26Б		—35	1,5	30—80	3,5	0,5	150	50	—	150 (70 *в*)	—	1,5	
П27	C			⩾20	2	1	—	50	10	3 (5 *в*)	—	—	
П27А	Ge	—5	0,5	⩾20	1	1	—	50	5	3 (5 *в*)	—	—	*В*
П28	*p-n-p*			⩾20	1	5	—	50	5	3 (5 *в*)	—	—	
МП39Б	C			20—60	3,3	0,5	220	60	12	15 (5 *в*)	—	—	
МП40	Ge			20—40	3,3	1	220	60	—	15 (5 *в*)	—	—	
МП40А	*p-n-p*	—5	1	20—40	3,3	1	220	60	—	15 (5 *в*)	—	—	*В*
МП41				30—60	3,3	1	220	60	—	15 (5 *в*)	—	—	
МП41А				50—100	3,3	1	220	60	—	15 (5 *в*)	—	—	
МП42А	C			30—50[5]	—	1	—	—	—	25[6] (15 *в*)	0,15	1,5	
	Ge	—5	1										*В*[4]
МП42Б	*p-n-p*			45—100[5]	—	1	—	—	—	25[6] (15 *в*)	0,2	1	

Продолжение табл. 4

Тип транзистора	Класс	Режим измерения		Электрические параметры[1]									Конструкция (рис. 5)
		$U_{к.\,б}$, *в*	$I_э$, *ма*	β	$h_{22б}$, *мксим*	f_α, *Мгц*	$r'_б$, *ом*	$C_к$, *пф*	$F_ш$, *дб*[2]	$I_{к0}$ ($U_{к.\,б}$), *мка*	$U_{к.\,нас}$, *в*	$t_{пер}$, *мксек*	
МП101	C Si *n-p-n*	+5	1	10—25	2	0,5	—	150	—	3 (20 *в*)	—	—	*В*
МП101А				10—30	2	0,5	—	150	15	1 (10 *в*)	—	—	
МП101Б				15—45	2	0,5	—	150	—	3 (10 *в*)	—	—	
МП101В				⩾10[8]	2	0,5	—	150	—	30[8] (10 *в*)	—	—	
МП102				15—35	2	0,5	—	150	—	3 (10 *в*)	—	—	
МП102В				15—45	2	0,5	—	150	—	3 (10 *в*)	—	—	
МП103				15—45	2	1	—	150	—	3 (10 *в*)	—	—	
МП103А				30—75	2	1	—	150	—	3 (10 *в*)	—	—	
МП103В				30—75	2	1	—	150	—	3 (10 *в*)	—	—	
МП104	C Si *p-n-p*	—5	1	⩾9	—	0,1	—	—	—	1 (70 *в*)	—	—	*В*[4]
МП105				⩾9	—	0,1	—	—	—	1 (40 *в*)	50 *ом*[7]	—	
МП106				⩾13,5	—	0,5	—	—	—	1 (20 *в*)	—	—	
ГТ108А	C Ge *p-n-p*	—5	1	20—50	3,3	0,5	3 500[9]	30	—	10 (5 *в*)	—	—	*Ж*
ГТ108Б				35—80	3,3	1	3 500[9]	30	—	10 (5 *в*)	—	—	
ГТ108В				60—130	3,3	1	3 500[9]	30	—	10 (5 *в*)	—	—	
ГТ108Г				110—250	3,3	1	3 500[9]	30	—	10 (5 *в*)	—	—	

Окончание табл. 4

Тип транзистора	Класс	Режим измерения		Электрические параметры[1]									Конструкция (рис. 5)
		$U_{к.\ б}$, *в*	$I_э$, *ма*	β	$h_{22б}$, *мксим*	$f_α$, *Мгц*	$r'_б$, *ом*	$C_к$, *пф*	$F_ш$, *дб*[2]	$I_{к0}(U_{к.\ б})$, *мка*	$U_{к.\ нас}$, *в*	$t_{пер}$, *мксек*	
ГТ109А	С			20—50	3,3	1	3 500[9]	30	—	5 (5 *в*)	—	—	
ГТ109Б	Ge			35—80	3,3	1	3 500[9]	30	—	5 (5 *в*)	—	—	*И*
ГТ109В	*p-n-p*	—5	1	60—130	3,3	1	3 500[9]	30	—	5 (5 *в*)	—	—	
ГТ109Г				110—250	3,3	1	3 500[9]	30	—	5 (5 *в*)	—	—	
ГТ109Д				20—70	—	3	3 500[9]	40	—	2 (1,2 *в*)	—	—	
ГТ109Е				50—110	—	5	3 500[9]	40	—	2 (1,2 *в*)	—	—	

---

[1] Предельные значения (минимальные для $f_α$ и максимальные для остальных параметров).
[2] В схеме с общим эмиттером на частоте 1 000 *гц* при $U_{к.\ б}$=1,5 *в* и $I_э$=0,5 *ма*.
[3] Значение $I_{к.\ н}$.
[4] Выпускаются также в корпусе конструкции *А*, причем в обозначении транзистора опускается буква М.
[5] Значение *B* при $U_{к.\ э}$=1 *в*, $I_к$=10 *ма*.
[6] Значение $I_{к.\ з}$ при $U_{к.\ э}$= —15 *в* и $U_{б.\ э}$ = +1,5 *в*.
[7] Значение $r_{к.\ нас}$.
[8] При +100° С.
[9] Величина произведения $r'_б C_к$, *псек*.

Таблица 5

Электрические параметры маломощных высокочастотных транзисторов

Тип транзистора	Класс	Режим измерения: $U_{к.б}$, *в*	Режим измерения: $I_э$, *ма*	Электрические параметры[1]: β	$h_{22б}$, *мксим*	$f_{макс}$, *Мгц*	$C_к$, *пф*	$r'_бC_к$, *псек*	$I_{к0}$, *мка*[2]	Конструкция (рис. 5)
П401	ДС			16—300	5	30	15	3 500	10	
П402	Ge	—5	5	16—300	5	60	10	1 000	5	*Б*
П403	*p-n-p*			32—100	5	120	10	500	5	
П403А				⩾32	5	120	10	500	5	
	С									
П406	Ge	—6	1	⩾20	2	10[3]	20	150[4]	6	*В*
П407	*p-n-p*			⩾20	2	20[3]	20	150[4]	6	
П414	ДС			25—100	5	60	10	1 000	4(10 *в*)	
П414А	Ge			60—120	5	60	10	1 000	4(10 *в*)	
П414Б	*p-n-p*	—5	5	100—200	5	60	10	1 000	4(10 *в*)	*Б*
П415				25—100	5	120	10	500	4(10 *в*)	
П415А				60—120	5	120	10	500	4(10 *в*)	
П415Б				100—200	5	120	10	500	4(10 *в*)	
П416	ДС			25—80	5	40[5]	8	500	3(10 *в*)	
П416А	Ge	—5	5	60—125	5	60[5]	8	500	3(10 *в*)	*Г*
П416Б	*p-n-p*			100—200	5	80[5]	8	500	3(10 *в*)	

Продолжение табл. 5

Тип транзистора	Класс	Режим измерения		Электрические параметры[1]						Конструкция (рис. 5)
		$U_{к.б}$, *в*	$I_э$, *ма*	β	$h_{22б}$, *мксим*	$f_{макс}$, *Мгц*	$C_к$, *пф*	$r'_б\ C_к$, *псек*	$I_{к0}$ *мка*[2]	
П420	ДС Ge *p-n-p*	—5	5	⩾12	6	30	20	5 000	10	*А*
П421				⩾15	5	30	15	3 500	10	
П422				30—100	5	60	10	1 000	5	
П422А				⩾15	5	60	10	1 000	5	
П423				30—100	5	120	10	500	5	
П423А				⩾15	5	120	10	500	5	
ГТ309А	ДС Ge *p-n-p*	—5	5	20—70	5	120[5]	10	500	5	*Ж*
ГТ309Б				60—180	5	120[5]	10	500	5	
ГТ309В				20—70	5	80[5]	10	1 000	5	
ГТ309Г				60—180	5	80[5]	10	1 000	5	
ГТ309Д				20—70	5	40[5]	10	1 000	5	
ГТ309Е				60—180	5	40[5]	10	1 000	5	
ГТ310А	ДС Ge *p-n-p*	—5	5	20—70	3[6]	160[5]	4	300	5	*И*
ГТ310Б				60—180	3[6]	160[5]	4	300	5	
ГТ310В				20—70	3[6]	120[5]	5	300	5	
ГТ310Г				60—180	3[6]	120[5]	5	300	5	
ГТ310Д				20—70	3[6]	80[5]	5	500	5	
ГТ310Е				60—180	3[6]	80[5]	5	500	5	
1Т303А	ДС Ge *p-n-p*	+5	5	15—50	—	36[5]	10	1 000	6(12 *в*)	*Д*
1Т303Б				30—80	—	36[5]	10	1 000	6(12 *в*)	
1Т303В				60—160	—	36[5]	10	1 000	6(12 *в*)	
1Т303Г				15—50	—	72[5]	10	1 000	6(12 *в*)	
1Т303Д				30—80	—	72[5]	10	1 000	6(12 *в*)	
1Т303Е				60—160	—	72[5]	10	1 000	6(12 *в*)	

Окончание табл. 5

Тип транзистора	Класс	Режим измерения		Электрические параметры[1]						Конструкция (рис. 5)
		$U_{к.б}$, *в*	$I_э$, *ма*	β	$h_{22б}$, *мксим*	$f_{макс}$, *Мгц*	$C_к$, *пф*	$r'_б C_к$, *псек*	$I_{к0}$, *мка*[2]	
1Т308А	ДС Ge *p-n-p*	—5	5	15—50	2,5	90	8	400	2	*Е*
1Т308Б				25—70	2,5	120	8	400	2	
1Т308В				50—100	2,5	120	8	500	2	
1Т308Г				80—250	2	120	8	500	2	
2Т301	ДС Si *n-p-n*	+10	3	20—60	3	30	10	—	40(20 *в*)	*Ж*
2Т301А				40—120	3	30	10	—	40(20 *в*)	
2Т301Б				10—32	3	30	10	—	40(30 *в*)	
2Т301В				20—60	3	30	10	—	40(30 *в*)	
2Т301Г				10—32	3	60	10	—	40(20 *в*)	
2Т301Д				20—60	3	60	10	—	40(20 *в*)	
2Т301Е				40—120	3	60	10	—	40(20 *в*)	
2Т301Ж				⩾80	3	60	10	—	40(20 *в*)	

[1] Предельные значения (минимальные для $f_{макс}$ и максимальные для остальных параметров).
[2] При напряжении $U_{к.б}$, указанном в графе „Режим измерения“.
[3] Значение f_α.
[4] Значение $r_б$ (*ом*).
[5] Значение $f_т$.
[6] Значение $I_э = 1$ *ма*.

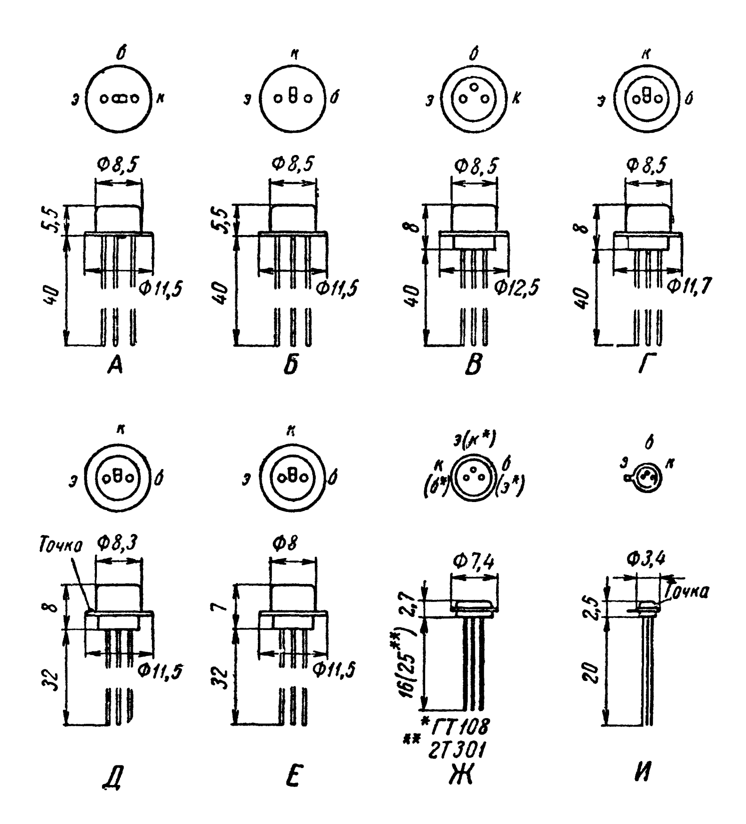


Рис. 5. Конструкции маломощных транзисторов.

Таблица 6

Электрические параметры мощных низкочастотных транзисторов [1]

Тип транзистора	Электрические параметры[2]						Конструкция (рис. 6)
	β	$S_{ср}$, *а/в*	$U_{к.нас}$, *в*	$f_α$, *кгц*	$I_{к0}(U_{к.б})$, *ма*	$I_{к.н}(U_{к.э})$, *ма*	
П4А	5	—	—	150	0,5(10 *в*)	50(50 *в*)	
П4Б	15—40	—	0,5	150	0,4(10 *в*)	20(60 *в*)	
П4В	⩾10	—	0,5	150	0,4(10 *в*)	20(35 *в*)	*А*
П4Г	15—30	—	0,5	150	0,4(10 *в*)	20(50 *в*)	
П4Д	⩾30	—	—	150	0,4(10 *в*)	20(50 *в*)	
П201	⩾20	—	—	100	0,4(20 *в*)	—	
П201А	⩾40	—	2,5	200	0,4(20 *в*)	—	*Б*
П202	⩾20	—	2,5	100	0,4(30 *в*)	—	
П203	—	1,2—1,8	2,5	200	0,4(30 *в*)	—	
П210	⩾15[3]	7—15	—	100	8(45 *в*)	40[4](65 *в*)	*В*
П210А	⩾15[3]	9	—	100	8(45 *в*)	40[4](65 *в*)	
П213	20—50[3]	—	0,5	150	0,15(45 *в*)	20(30 *в*)	
П213А	⩾20	—	—	150	1(45 *в*)	10(30 *в*)	
П213Б	⩾40	—	2,5	150	1(45 *в*)	10(30 *в*)	
П214	20—60	—	0,9	150	0,3(60 *в*)	30(45 *в*)	
П214А	50—150	—	0,9	150	0,3(60 *в*)	30(45 *в*)	
П214Б	20—150	—	0,9	150	0,15(60 *в*)	30(45 *в*)	
П214В	⩾20	—	2,5	150	1,5(60 *в*)	10(55 *в*)	
П214Г	⩾20	1,4—2,1	2,5	150	1,5(60 *в*)	10(55 *в*)	
П215	20—150	—	0,9	150	0,3(80 *в*)	30(60 *в*)	
П216	⩾18[3,5]	—	0,75[6]	100	0,5(40 *в*)	—	
П216А	20—80[7]	—	0,75[6]	100	0,5(40 *в*)	—	*Г*
П216Б	⩾10	—	0,5	100	1,5(35 *в*)	20(35 *в*)	
П216В	⩾30	—	0,5	100	2(35 *в*)	20(35 *в*)	
П216Г	⩾5	—	—	100	2,5(50 *в*)	50(50 *в*)	
П216Д	15—30	—	0,5	100	2(50 *в*)	20(50 *в*)	
П217	⩾15[3,5]	—	1[6]	100	0,5(60 *в*)	—	
П217А	20—60	—	1[6]	100	0,5(60 *в*)	—	
П217Б	⩾20	—	1[6]	100	0,5(60 *в*)	—	
П217В	15—40	—	0,5	100	3(60 *в*)	20(60 *в*)	
П217Г	—	—	1[6]	100	3(60 *в*)	20(60 *в*)	

Тип транзистора	Электрические параметры[2]						Конструкция (рис. 6)
	β	$S_{ср}$, *а/в*	$U_{к.нас}$, *в*	f_α, *кгц*	$I_{к0}(U_{к.б})$, *ма*	$I_{к.н}(U_{к.э})$, *ма*	
П302	≥10[3]	—	—	200	0,1(35 *в*)	1(40 *в*)	Д
П303	≥6[3]	—	20 *ом*[8]	100	0,1(60 *в*)	1(70 *в*)	
П303А	≥6[3]	—	20 *ом*[8]	100	0,1(60 *в*)	1(70 *в*)	
П304	≥5[3]	—	—	50	0,1(60 *в*)	1(100 *в*)	

[1] Все транзисторы сплавные германиевые *p-n-p*, кроме типов П302—П304 (кремниевые *p-n-p*).

[2] Предельные значения (минимальные для f_α и максимальные для остальных параметров).

[3] Коэффициент усиления по постоянному току *B*.

[4] Ток коллектора закрытого транзистора при $U_{б.э} = +1,5$ *в*.

[5] При $I_к = 4$ *а* и $U_{к.э} = 1$ *в*.

[6] При $I_к = 4$ *а* и $I_б = 0,5$ *а*.

[7] При $U_{к.б} = 5$ *в* и $I_к = 1$ *а*.

[8] Значение $r_{к.нас}$.

[9] Не указанные выше режимы измерения параметров:

Типы транзисторов	β(*B*)		$U_{к.нас}$ ($r_{к.нас}$)		f_α	
	$U_{к.б}$, *в*	$I_к$, *а*	$I_к$, *а*	$I_б$, *а*	$U_{к.б}$,	$I_к$, *а*
П4А—П4Д	10	2	2	0,3	—	—
П201—П203	10	0,2	2	0,3	10	0,2
П210, П210А	2	5	—	—	20	0,1
П213	5	1	3	0,37	10	0,1
П213А, П213Б, П214В, П214Г	5	0,2	2	0,3	10	0,1
П214, П214А, П214Б, П215	5	0,2	3	0,37	10	0,1
П216Б — П217В	3	2	2	0,3	10	1,0
П302 — П304	10	0,12	0,15	0,05	20	0,12

Максимальные (допустимые) режимы применения

Типы транзисторов	$P_{макс}$ (T)[1], вт	$P_{макс}$ ($T_о$), вт	$U_{к.б. макс}$ (T)[1], в	$U_{к.э.макс}$ (T)[1], в
П4А	2(20°)	20(40°)	—60(40°)	—50(40°)
П4Б	3(20°)	25(40°)	—70(40°)	—60(40°)
П4В	3(20°)	25(40°)	—40(40°)	—35(40°)
П4Г	3(20°)	25(40°)	—60(40°)	—50(40°)
П4Д	3(20°)	25(40°)	—60(40°)	—50(40°)
МП9А, МП10, МП11, МП11А	0,15(55°)	—	+15(50°)	+30(50°)
МП10А, МП10Б	0,15(55°)	—	+30(50°)	+15(50°)
П12, П12А, П406, П407	0,03	—	—6(50°)	—6
МП13, МП13Б, МП14, МП15, МП15А	0,15(55°)	—	—15(50°)	—15(50°)
МП14А, МП14Б	0,15(55°)	—	—30(50°)	—20(50°)
МП16, МП16А, МП16Б	0,2(45°)	—	—15	—15
МП20	0,15(35°)	—	—50	—30
МП21А, МП21Б	0,15(35°)	—	—70	—35
МП25, МП25А, МП25Б	0,2(35°)	—	—40	—40[5]
МП26, МП26А, МП26Б	0,2(35°)	—	—70	—70[5]
П27, П28	0,03(55°)	—	—5	—5[5]
МП39Б, МП40, МП41, МП41А	0,15(55°)	—	—10(40°)	—10[5](40°)
МП40А	0,15(55°)	—	—20(40°)	—20[5](40°)
МП42А, МП42Б	0,2(55°)	—	—15	—15[5]
МП101, МП101Б	0,15(75°)	—	+20°	+20
МП101А, МП102, МП103, МП103А	0,15(75°)	—	+10°	+10
МП101В, МП102В, МП103В	0,15(75°)	—	+10	+10
МП104	0,15(75°)	—	—60(75°)	—60(75°)
МП105	0,15(75°)	—	—30(75°)	—30(75°)
МП106	0,15(75°)	—	—15(75°)	—15(75°)
П201, П201А	1(20°)	10(50°)	—30[2]	—22[2]
П202, П203	1(20°)	10(50°)	—55[2]	—30[2]

Таблица 7

и тепловые характеристики транзисторов

$U_{э.б.макс}$ $(T)^1$, *в*	$I_{к.макс}$, *ма*	$I_{к.имп}$, *ма*	$R_{т}$, °C/*вт*	$R_{т.о}$, °C/*вт*	$T_{п.макс}$, °C	$T_{макс}$, °C
—50(40°)	5 *а*	5 *а*	23	2	90	70
—60(40°)	5 *а*	5 *а*	23	2	90	70
—35(40°)	5 *а*	5 *а*	23	2	90	70
—50(40°)	5 *а*	5 *а*	23	2	90	70
—50(40°)	5 *а*	5 *а*	23	2	90	70
+15(50°)	20	150	200	—	85	70
+30(50°)	20	150	200	—	85	70
—6	5	30	—	—	85	70
—15(50°)	20	150	200	—	85	70
—30(50°)	20	150	200	—	85	70
—	50	150	200	—	85	70
—	—	300	330	—	85	70
—	—	300	330	—	85	70
—40	—	400	200	—	75	70
—70	—			—		
—	6	—	—	—	85	70
—5	40	150	200	—	85	70
—5	40	150	200	—	85	70
—	30	150	200	—	85	70
+20	20	10	500	—	150	120
+10	20	10	500	—	150	120
+5	20	10	500	—	150	100
—	10	50	200	—	150	120
—	10	50	200	—	150	120
—	10	50	200	—	150	120
—	1,5 *а*	2 *а*	65	3,5	85	70
—	2 *а*	2,5 *а*	65	3,5	85	70

Типы транзисторов	$P_{макс}$ $(T)^1$, *вт*	$P_{макс}$ (T_0), *вт*	$U_{к.б.макс}$ $(T)^1$, *в*	$U_{к.э.макс}$ $(T)^1$, *в*
П210, П210А	1,5(20°)	30(55°)	—65	—50
П213	1,7(20°)	11,5(45°)	—45	—30
П213А, П213Б	1,7(20°)	10(45°)	—45	—30[5]
П214, П214А, П214Б	1,7(20°)	10(45°)	—60	—45
П214В, П214Г	1,7(20°)	10(45°)	—60	—55[5]
П215	1,7(20°)	10(45°)	—80	—60
П216, П216А	1,7(20°)	30(25°)	—40	—30
П216Б, П216В	1,7(20°)	24(25°)	—35	—35[3]
П216Г, П216Д	1,7(20°)	24(25°)	—50	—50[3]
П217, П217А, П217Б	1,7(20°)	30(25°)	—60	—45
П217В, П217Г	1,7(20°)	24(25°)	—60	—60[3]
П302	2(20°)	7(50°)	—35[4]	—35[4]
П303, П303А	2(20°)	10(50°)	—60[4]	—60[4]
П304	2(20°)	10(50°)	—80[4]	—80[4]
П401—П403А	0,05(20°)	—	—10	—10
П414—П415Б	0,1(20°)	—	—10	—10[5]
П416, П416А, П416Б	0,1(45°)	—	—15(45°)	—12[5](45°)
П420—П423А	0,05(20°)	—	—10	—12(40°)
ГТ108А—ГТ108Г	0,075(20°)	—	—15	—6
ГТ109А—ГТ109Г	0,03(20°)	—	—15	—6
ГТ309А—ГТ309Е	0,05(20°)	—	—10	—10[5]
ГТ310А—ГТ310Е	0,02(30°)	—	—12	—6
1Т303А—1Т303Е	0,1(40°)	—	—12	—10[5]
1Т308А—1Т308Г	0,15(45°)	—	—20(45°)	—12[5](45°)
2Т301, 2Т301А, Г, Д, Е, Ж	0,15(60°)	—	—20	—20[3]
2Т301Б, 2Т301В	0,15(60°)	—	—30	—30[3]

[1] Температура указывается, если она ниже обозначенной в графе «*T* макс».
[2] При температуре оболочки транзистора до 50° С.
[3] При коротком замыкании база — эмиттер.
[4] При температуре переходов до 100° С.
[5] При сопротивлении в цепи базы не более 50 *ом* (для транзисторов П213А, (П414—П415Б, П416—П416Б, ГТ309, 1Т303, 1Т308), 3 *ком* (МП42А, МП42Б)

$U_{э.б.макс}$ $(T)^1$, *в*	$I_{к.макс}$, *ма*	$I_{к.имп}$, *ма*	$R_т$, °C/*вт*	$R_{т.о}$, °C/*вт*	$T_{п.макс}$, °C	$T_{макс}$, °C
—25	12 *а*	12 *а*	40	1	85	70
—15	5 *а*	5 *а*	35	3,5	85	70
—10	5 *а*	5 *а*	35	4	85	70
—15	5 *а*	5 *а*	35	4	85	70
—10	5 *а*	5 *а*	35	4	85	70
—15	5 *а*	5 *а*	35	4	85	70
—15	7,5 *а*	7,5 *а*	35	2	85	70
—10	7,5 *а*	7,5 *а*	35	2,5	85	70
—10	7,5 *а*	7,5 *а*	35	2,5	85	70
—15	7,5 *а*	7,5 *а*	35	2	85	70
—10	7,5 *а*	7,5 *а*	35	2,5	85	70
—	500	500	65	10	150	120
—	500	500	65	10	150	120
—	500	500	65	10	150	120
—2	10	—	500	—	85	70
—1	10	30	670	—	85	70
—3(45°)	25	120	400	—	85	70
—	10	—	2 000	—	70	55
—	10	—	800	—	80	55
—	20	—	1 800	—	80	55
—	10	—	2 000	—	70	55
—	10	—	2 000	—	75	55
—1,6	15	120	400	—	80	70
—3(45°)	50	120	250	—	85	70
—3	10	—	600	—	150	120
—3	10	—	600	—	150	120

П213Б, П214В, П214Г), 500 *ом* (МП25—МП26Б, МП27, МП28), 1 *ком* и 10 *ком* (МП39Б—МП41А).

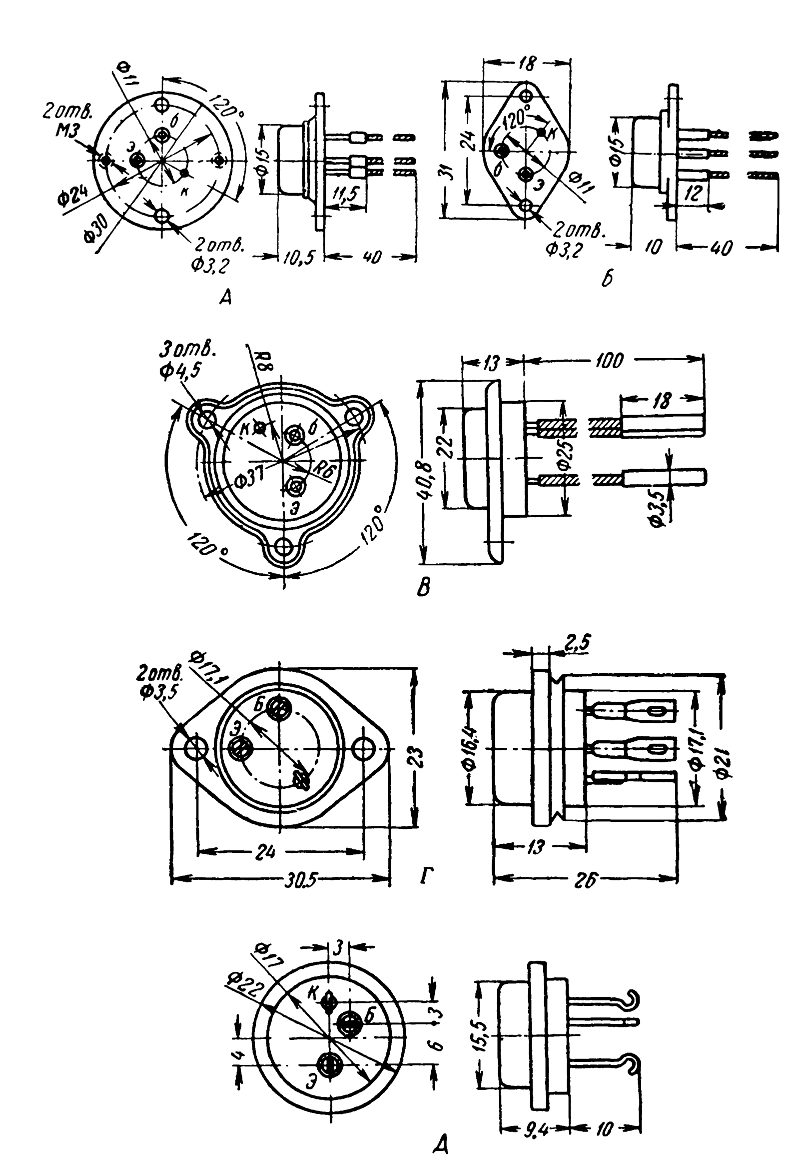


Рис. 6. Конструкции мощных транзисторов.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабутин Вадим Константинович

Транзисторы

Редактор *Ю. Л. Голубев*
Техн. редактор *Н. И. Бобко*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*
Корректор *Е. В. Кузнецова*

Сдано в набор 15/IX 1966 г. Подписано к печати 22/IV 1967 г. Т-01895 Формат 84×108[1]/[32]
Бумага типографская № 2 Усл. печ. л. 1,68
Уч. изд. л. 1,82 Тираж 120 000 экз. Цена 8 коп.
Зак. 1235

Издательство «Энергия».
Москва, Ж-114. Шлюзовая наб., 10.

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

8 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»